

复式断面渠道渠系水利用系数测算方法研究

阎烁¹, 王立权^{1*}, 李铁男², 秦龙飞³

(1.黑龙江大学 水利电力学院, 哈尔滨 150080; 2.黑龙江省水利科学研究所, 哈尔滨 150080; 3.肇庆市水利水电勘察设计院有限公司, 广东 肇庆 526000)

摘要:【目的】研究采用复式断面渠道的灌区渠系水利用系数更精确地测算方法。【方法】采用动水测定法测定了渠道各断面水力要素, 之后通过修订后的戴维斯-威尔逊公式和考斯加科夫渠道渗漏经验公式求得研究区域复式断面渠道渠系水利用系数, 对比分析了各渠道水损失以及渠系水损失量。【结果】动水测定法更适合不断流复式断面渠道水力要素的测算; 采用标准梯形断面渠道衬砌的方式渠道损失最小; 考斯加科夫渠道渗漏经验公式求得灌区渠系水利用系数为 0.75, 而戴维斯-威尔逊公式求得灌区渠系水利用系数为 0.82, 更加接近实际值 0.86, 精确度提高了 9.5%。【结论】由于占地、开挖等影响因素, 灌区渠系衬砌后多形成复式断面渠道, 灌区渠道衬砌优先采用标准梯形断面衬砌方式。对于这类渠系工程, 动水测定方法明显优于典型渠道测量方法, 戴维斯-威尔逊公式也更适用于复式断面渠道的渠系水利用系数的测定。

关键词: 动水测定法; 渠系水利用系数; 戴维斯-威尔逊公式; 渠道

中图分类号: S274.2

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2019310

阎烁, 王立权, 李铁男, 等. 复式断面渠道渠系水利用系数测算方法研究[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(4): 84-89.

YAN Shuo, WANG liquan, LI Tienan, et al. Study on Calculation Method of Water Utilization Coefficient of Canal System of Duplex Section [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020, 39(4): 84-89.

0 引言

【重要意义】农业水价综合改革以来, 灌区水权确权工作的基础是农业灌溉水量测算, 而渠系水利用系数则是灌溉水量测定的重要指标。【研究进展】目前渠系水有效利用系数的测定方法有典型渠段测量法、2点水量水法、首尾测定法等^[1]。典型渠段法因方便、快捷的特性使其成为较为常用的测量灌区渠道水量、水位的方法^[2], 但局限性也非常明显, 采用典型渠段法测算的渠道水力要素准确度差强人意, 不适用于大、中型灌区或者采用复式断面渠道衬砌的灌区^[3]。白静等^[4]采用2点水量水法获取渠道水力要素, 但该方法适用于单一渠道, 并且渠道工程要相对一致, 并不适用于复式断面渠道。【切入点】本文采用的动水测定法适用于渗漏损失差异较大的复式断面渠道^[5-7], 以不同衬砌方式组成的复式断面渠道为目标, 测定各渠道相关水力要素。测算时采用的渠道渗漏公式多以考斯加科夫渠道渗漏经验公式法^[8-9], 该方法主要考虑渠床土质、流量等易获取要素, 但是对于同一

灌区采用不同衬砌形式的渠道, 戴维斯-威尔逊公式由于多考虑渠道几何尺寸、流速等要素, 更能得到与实际更加贴近的结果^[10-11]。【拟解决的关键问题】本文采用2种改进后的经验公式, 以河南省平顶山市鲁山县澎河水库灌区为研究区域, 探究更加精确的采用复式断面渠道灌区的渠系水利用系数测算方法。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

澎河水库灌区位于平顶山市西部。属典型的大陆性季风气候。澎河水库灌区用水取自于澎河水库, 经40多年运用, 水库供水情况良好。2015年已除险加固完成, 水库主要指标为: 水库总库容6 020万m³, 控制流域面积209.2 km², 多年平均来水量7 151万m³; 死水位134.5 m, 死库容86万m³; 兴利水位147.5 m, 兴利库容2 607万m³。

灌区兴建以来, 为当地工农业发展起到了十分重要的作用。但由于资金有限, 骨干渠道一直没有进行节水改造, 绝大部分渠道为土渠, 渗漏严重, 只有零星支渠曾利用小农水资金治理过。末级渠系及田间工程配套率也很低, 不能满足设计要求及实际需要。2017年灌区实施灌区节水配套改造项目, 渠系工程

收稿日期: 2019-10-11

作者简介: 阎烁(1994-), 男, 硕士研究生, 主要从事农业水土资源高效利用与保护方面的研究。E-mail: 774927046@qq.com

通信作者: 王立权(1968-), 男, 教授, 主要从事农业水土资源高效利用与保护方面的研究。E-mail: 15304640067@163.com

得以修复、加固。该项目区水资源可利用量为 4 428 万 m³，其中地表水 3 603 万 m³，地下水 825 万 m³。

1.2 测算方法

采用动水测定法测定相关渠道水力要素，按照渠道衬砌条件划分了 8 个测量区间，利用流速仪水流速计 LS1206B 测定分别测算了各测量区间的流量、水位以及流速。考虑到要有适当的水深条件、足够的渠道长度和测试时间，保证在多次连续测试中水流基本稳定，由其间的水位涨落差推算的流量波动值不大于平均流量的 10%。

①测速垂线布置由于渠底宽度较窄，所以布置为 2 条测线；②实际测速中，因为渠道经过衬砌所以渗漏损失较小，流速分布较为均匀，两点法所得流速较为接近，最终采用一点法，在水深 0.6 h 处布置测点；③每个测点上计算流速仪转数得测速历时宜定为 60~100 s，本次测算定为 60 s。

1.3 研究方法

本研究针对复式断面渠道的渠系工程渠系水利用系数测算，首先采用动水测定法测算渠道的各水力要素，之后选取更合适的戴维斯—威尔逊公式求得渠系水利用系数。

戴维斯—威尔逊公式选择渠道湿周、水深和流速作为变量，反映了渠道渗漏与湿周、水深的正相关关系和与流速的负相关关系^[12]。戴维斯—威尔逊公式：

$$S = \frac{0.45C_1PH^{1/3}}{4000+3.65\sqrt{v}}, \quad (1)$$

式中： S 为单位渠道长度渗漏损失 (m³/ (s km))； P 为湿周 (m)； H 为渠道水深 (m)； v 为渠道水流流速 (m/s)。

考斯加科夫渠道渗漏经验公式形式简单，并且考虑因素较少，只考虑渠床土壤透水性系数，因此在渠道水利用系数测算中得到广泛应用。本文在考虑土壤透水性同时，也考虑了衬砌材料的透水性影响。考斯加科夫渠道渗漏经验公式：

$$S = \frac{K}{Q_d^M}, \quad (2)$$

式中： K 为土壤透水性系数； Q_d 为渠道净流量(m³/s)； M 为土壤透水性指数；考斯加科夫渠道渗漏经验公式可以表达土质渠道的输水损失，由于灌区灌溉不考虑地下水对渠道的顶托作用，根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB50288—99)，对衬砌渠道单位长度水量损失率 S_0 进行修订^[13]，修订计算式为：

$$S_0 = S \cdot \varepsilon_0, \quad (3)$$

式中： S 为衬砌渠道单位长度水量损失率； ε_0 为衬砌渠道渗水损失修正系数。

2 结果与分析

2.1 实测数据

根据澎河灌区现有的渠系资料，结合现场勘测结果，灌区共有引水干渠1条、支渠3条，合计长度14.58 km，混凝土衬砌长度12.05 km，渠道衬砌率为82.65%。

西干一支（桩号3+675~4+745）段为梯形断面，采用现浇C20混凝土全断面衬砌，厚度10 cm，衬砌高1.3 m，坡顶设压顶，宽20 cm；（桩号4+745~6+100）段为矩形断面，设计宽2 m，渠壁厚20 cm，渠底厚20 cm，高度1.3 m；（桩号6+100~7+100）段为矩形断面，设计宽1.5 m，渠壁厚20 cm，渠底厚20 cm，高度1.3 m。

西干二支（桩号0+000~2+160）段为梯形断面，采用现浇C20混凝土全断面衬砌，厚度10 cm，衬砌高1.3 m，坡顶设压顶，宽20 cm；（桩号2+160~3+630）段为梯形断面，采用现浇C20混凝土全断面衬砌，厚度10 cm，衬砌高1.3 m，坡顶设压顶，宽20 cm。

表 1 实测水力要素结果

渠道 Channel	桩号 Station	流量 Flow/ (m ³ ·s ⁻¹)	水深 Depth /m	正常水位 Water level/m	流速 Velocity/ (m·s ⁻¹)	
西一支 West Branch	3+675~4+745	1.44	0.95	130.87	130.76	0.48
Canal 1	4+745~6+100	1.33	0.95	129.26	129.13	0.47
	6+100~7+100	1.05	0.95	127.63	127.52	0.45
	0+000~1+380	1.65	0.95	130.85	130.67	0.55
西二支 West Branch	1+380~1+930	1.65	0.95	129.17	129.1	0.55
	1+930~2+160	1.65	0.95	129.10	129.07	0.55
	2+160~2+760	1.53	0.95	127.57	127.49	0.54
Canal 2	2+760~3+150	1.53	0.95	125.99	125.85	0.54
	3+150~3+630	1.21	0.95	124.44	124.38	0.54
	0+000~0+265	4.75	1.9	132.2	132.18	0.57
东干渠 Eastern canal	0+265~0+323	4.75	1.9	132.18	132.17	0.56
	0+323~0+475	4.75	1.9	132.17	132.16	0.56
	0+475~0+555	4.75	1.9	132.16	132.15	0.50
	0+555~0+800	4.75	1.9	132.15	132.13	0.56
	0+800~2+780	4.75	1.9	132.13	132.00	0.57
	2+780~3+660	2.97	1.52	131.62	131.35	0.59
	3+660~4+990	0.93	1.34	131.17	131.03	0.40
东二支 East Branch	0+000~0+070	1.84	1.15	131.41	131.39	0.84
Canal 2	0+070~1+330	1.84	1.15	129.89	129.38	0.84
	1+330~2+530	1.84	1.15	127.88	127.40	0.84

东干渠（桩号0+000~3+660）段为梯形断面，采用现浇C20混凝土全断面衬砌，厚度10 cm，宽20 cm；（桩号3+660~4+990）段为矩形断面，设计宽1.3~1.6 m，渠壁厚25 cm，渠底厚25 cm。

东干二支（桩号 0+000~2+530）段为挡土墙式矩形断面，设计宽 1.6~2 m，渠壁厚 25 cm，渠底厚 25 cm，高度 1.5 m。各渠道水力要素如表 1 所示。

依据灌区干支渠各渠段衬砌方式及材料不同，划分 8 段流量段。其中梯形渠道衬砌方式渠段有 3+675~4+745、0+000~2+160、2+160~3+630、0+000~3+660；矩形渠道衬砌方式渠段有 4+745~6+100、6+100~7+100；矩形挡土墙式衬砌方式渠段有 3+660~4+990、0+000~2+530。东干渠 0+000~3+660 干渠段水利设施复杂，其各复杂段位置的渠底宽、正常流速、比降均采用加权平均求得。渠系划分各渠道如表 2 所示。

表 2 复式断面渠道划分
Table 2 Complex section channel division

桩号 Station	渠道 Channel	衬砌形式 Lining form	长度/km Length
梯形渠道衬砌 lining			
3+675~4+745	1	Trapezoidal channel	1.07
矩形渠道衬砌 Rectangular channel			
4+745~6+100	2	lining	1.36
6+100~7+100	3	lining	1.00
梯形渠道衬砌 lining			
0+000~2+160	4	Trapezoidal channel	2.16
2+160~3+630	5	lining	1.47
0+000~3+660	6	lining	3.66
矩形挡土墙式衬砌 Rectangular retaining wall lining			
3+660~4+990	7	lining	1.33
0+000~2+530	8	lining	2.53

全灌区土壤大部分为沙壤土、沙土、黏土等。沙土面积约 467 hm²，主要分布在灌区下游沙河南岸近区，这类土壤有机质量 1.2% 左右，通气性与渗水性良好，适宜种植花生等；黏土面积为 2 467 hm²，主要分布在灌区的中、上游，这种土壤 pH 值 6.7~7.6，有机质量 2.0% 左右，速效磷 7.4 ppm，该土壤因土层浅（1.0~1.5 m），结构散，孔隙大，所以水分易蒸发，自然含水率常低于枯萎含水率，但其心土黏重紧密，透水性、通气性均差，排水不良，雨季土壤过于潮湿，造成上浸泡浆；沙壤土分布在灌区中下游，其 pH 值在 6.5~7.9 之间，有机质量 1.5% 左右，土壤淋溶作用较强，底层紧，不漏肥，通气性好，自然含水率大于枯萎含水率，是灌区主要产粮区。渠道 1~5 处为沙壤土，渠道 6~8 处为黏土。

2.2 渠系水有效利用系数测算结果

1) 戴维斯—威尔逊公式

现场实测数据如表 3 所示，由经验值 C_1 取 0.1，代入戴维斯—威尔逊经验公式^[14]，求各渠道单位长度

损失。

渠道单位长度的输水损失 η_L 与渠长的乘积可以求得渠道损失流量，已知渠首流量 4.75 m³/s，即：

$$\eta = \sum \eta_L L / \sum L \quad (4)$$

渠系水利用系数为 0.82。由表 3 可以看出，渠道底部越宽，渠道的单位长度渗漏损失量越大，并且由于东干渠是引水干渠，分流、损失等原因致使后面支渠流量、流速锐减，符合实际情况。

表 3 各渠道水力要素

Table 3 Hydraulic elements of each channel

渠道 Channel	B/m	H/m	边坡系数 Slope factor	v/ (m·s ⁻¹)	S/(m ³ /(s km ⁻¹))
1	2.2	0.95	1	0.48	0.054
2	2.0	0.95	0	0.47	0.043
3	1.5	0.95	0	0.45	0.038
4	2.2	0.95	1	0.55	0.054
5	2.0	0.95	1	0.54	0.052
6	6.3	1.90	1	0.56	0.160
7	1.6	1.34	0	0.40	0.053
8	1.8	1.15	0	0.84	0.048

2) 考斯加科夫渠道渗漏经验公式^[15]

根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB50288—99)取沙壤土土壤透水性系数 $K=3.4$ ， $M=0.5$ ；黏土土壤透水性系数 $K=0.7$ ， $M=0.3$ 。渠道均采用混凝土护面的防渗措施，所以衬砌渠道渗水损失修正系数取 0.15，结果如表 4 所示。

表 4 各渠道水力要素

Table 4 Hydraulic elements of each channel

渠道 Channel	流量 Flow/ (m ³ ·s ⁻¹)	渠道单位长度损失率 Channel unit length loss rate/(%·km ⁻¹)
1	1.44	0.43
2	1.33	0.44
3	1.05	0.50
4	1.65	0.40
5	1.53	0.41
6	4.75	0.06
7	0.93	0.11
8	1.84	0.09

渠道单位长度的输水损失率 η 等于所选该级各典型渠道输水损失率 η_L 按渠道长度 L 进行加权平均的计算值，计算方法同式 (4)。

渠系水利用系数为 0.75。由结果可知，渠道为标准梯形断面时，渠道水利用系数最大，当渠段为矩形

断面时,渠道水利用系数较小,造成经济、水量浪费,而矩形挡土墙式衬砌方式渠道单位长度损失最大。由图 1 可以看出,戴维斯-威尔逊公式推求的渠道单位长度损失率,在渠道 6 的地方损失率最大,这是因为渠道 6 底宽 6.3 m,在所有渠道中最宽,而采用的戴维斯-威尔逊公式更多地考虑衬砌渠道的水力要素,所以作为干渠的渠道 6 单位长度损失率最大,而其余支渠单位长度损失率相对平均。

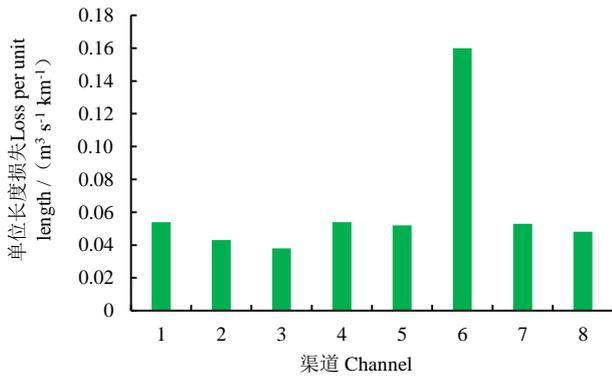


图 1 戴维斯-威尔逊公式渠道单位长度输水损失

Fig.1 Davis-Wilson formula for channel unit length water loss

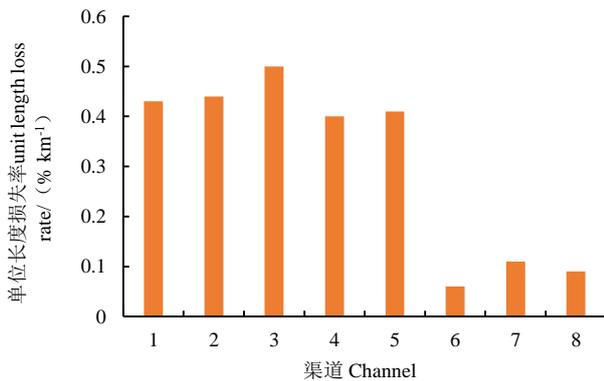


图 2 考斯加科夫公式渠道单位长度输水损失率

Fig.2 Kosgakov formula channel unit length water loss rate

由图 2 可以看出,考斯加科夫渠道渗漏经验公式推求的渠道单位长度损失率,在渠道 6 处单位长度损失最小,这是由于干渠处渠道流量大并且采用的衬砌方式最佳,渠道 7 和渠道 8 由于采用的衬砌方式为矩形挡土墙式衬砌,并且流量较小,渠道单位长度损失率较大。综合来看,戴维斯-威尔逊公式相对于考斯加科夫渠道渗漏经验公式,不能很好地反映不同衬砌方式带来的渗漏损失。

3) 西一支渠渠末流量 1.05 m³/s, 西二支渠渠末流量 1.21 m³/s, 东二干渠渠末流量 1.84 m³/s, 渠首流量 4.75 m³/s。渠系水利用系数 $\eta_{实际}=0.86$, 对比结果可知,采用戴维斯-威尔逊经验公式在推算不同衬砌形式下灌区渠道渠系水利用系数更加合理。

3 讨论

渠道衬砌是农业灌溉中非常有效的节水措施,而且不同的衬砌形式所带来的节水效果并不相同,混凝土衬砌效果好于土渠。本文研究区域采用了 3 种衬砌方式,其中最佳衬砌方式是标准梯形断面的渠道衬砌,带来的节水效果最好,这是由于标准梯形断面为水力最佳断面,有利于水流通过,增大了流速,这一结果与肖雪等^[2]研究结论一致。

渠系水利用系数的测算受到多因素的影响,大致分为二类影响因素。①关于渠道相关水力要素的测算,本文采用的动水测定法测量渠道水力要素,其适用于复杂渠道衬砌条件、不区分渠道渗漏差异以及不停水测量等特点,基本符合复式断面衬砌渠道的特点,这与荣丰涛^[6]、秦海等^[7]关于动水测定法的适用特征一致;②渠系水利用系数最后分别采用戴维斯-威尔逊公式、考斯加科夫渠道渗漏经验公式进行推求,戴维斯-威尔逊公式测算方法显示在渠道 6 部分渠道单位损失最大,反映了衬砌断面形式对于渠道损失影响占比较大,而通过考斯加科夫渠道渗漏经验公式测算方法对比发现,渠道 7 和渠道 8 本身衬砌方式并不理想,会造成较大渗漏损失,戴维斯-威尔逊公式并无明显反映,这一结果与肖雪等^[9]研究结果一致。最终结果也显示了采用戴维斯-威尔逊公式的测算方法更适用于采用复式断面渠道衬砌的渠系工程。

本文所采用的测算复式断面渠道的渠系水利用系数方法可以提升常规测算方法的精准度。然而,在渠系水有效利用系数的测算上仍存在着不小的问题,以澎河灌区为例,本文测算渠系水利用系数并未考虑渠道上的水利设施对结果的影响,同时,灌区进行灌溉取用水时,当渠道水面达不到一定高度,将无法抽水,该灌区渠道上设有大量的节制闸、进水闸、分水闸等取用水设施,此时将关闭闸门使水面上升进而抽水灌溉,然而这样的方式也将产生灌溉水的渗漏损失,本次研究并未考虑,因此,渠系水利用系数的推求还可进一步考虑灌溉时间与农田水利工程等因素。

4 结论

- 1) 动水测定法更适于测定复式断面渠系工程的渠道水力要素。
- 2) 采用标准梯形断面的混凝土衬砌方式为最佳衬砌方式,可以大大减少灌溉水的损失。
- 3) 对比分析结果后,发现戴维斯-威尔逊公式更适用于复式断面渠系工程的渠系水利用系数测算。
- 4) 戴维斯-威尔逊公式更适用于复杂的衬砌渠道,但不能显示出渠道衬砌的效果;考斯加科夫渠道

渗漏经验公式可以展现出渠道衬砌的效果,但只适用于单一衬砌渠道,对于复杂的渠系工程,测算的渠系水利用系数精度较差。

参考文献:

- [1] 张茂堂, 蒋有能. 渠道水有效利用系数测试研究[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(S2): 69-73.
ZHANG Maotang, JIANG Youneng. Water utilization coefficient of channels[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2018, 37(S2): 69-73.
- [2] 肖雪, 王修贵, 谭丹, 等. 渠道衬砌对灌溉水利用系数的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(9): 56-61.
XIAO Xue, WANG Xiugui, TAN Dan, et al. The role of lining in water use efficiency of irrigation canals[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2018, 37(9): 56-61.
- [3] 黄永江, 屈忠义. 不同空间尺度下灌区灌溉水利用效率研究: 以察尔森灌区为例[J]. 节水灌溉, 2017(1): 45-49.
HUANG Yongjiang, QU Zhongyi. Research on the irrigation water use efficiency in different spatial scales: a case study of chaersen irrigation district in Inner Mongolia[J]. Water Saving Irrigation, 2017(1): 45-49.
- [4] 白静, 谢崇宝, 黄斌, 等. 基于水动力学模型的灌溉渠道水流量水方法研究[J]. 中国农村水利水电, 2019(3): 119-121, 126.
BAI Jing, XIE Chongbao, HUANG Bin, et al. Research on a discharge measurement method of flow in irrigation channels based on hydrodynamic model[J]. China Rural Water and Hydropower, 2019(3): 119-121, 126.
- [5] 崔远来, 谭芳, 王建漳. 不同尺度首尾法及动水法测算灌溉水利用系数对比研究[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(1): 5-10.
CUI Yuanlai, TAN Fang, WANG Jianzhang. Comparison of irrigation efficiency under different scales[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2010, 29(1): 5-10.
- [6] 荣丰涛. 关于如何用水法测渠道渗漏的具体意见[J]. 山西水利科技, 2008(2): 1-3.
RONG Fengtao. On how to measure canal seepage amount by current-meter method[J]. Shanxi Hydrotechnics, 2008(2): 1-3.
- [7] 秦海, 贾峰. 动态测定法在渠道水利用系数测定中的应用[J]. 现代农业科技, 2012(18): 194-199.
QIN Hai, JIA Feng. Application of Dynamic Measurement Method in Determination of Channel Water Utilization Coefficient[J]. Modern agricultural technology, 2012(18): 194-199.
- [8] 崔璇. 簸箕李灌区干级渠道水量损失计算方法[J]. 水资源保护, 2007, 23(6): 25-27.
CUI Xuan. Water loss calculation method of main canal in Bojili Irrigation District[J]. Water Resources Protection, 2007, 23(6): 25-27.
- [9] 肖雪, 王修贵, 谭丹, 等. 几种计算渠道渗漏损失的经验公式比较[J]. 武汉大学学报(工学版), 2016, 49(3): 365-371.
XIAO Xue, WANG Xiugui, TAN Dan, et al. Comparison of empirical formulas for calculating canal seepage loss[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2016, 49(3): 365-371.
- [10] 克拉茨 D B. 灌溉渠道衬砌[M]. 何丕丞, 译. 北京: 水利出版社, 1980.
Kratz D B. The Irrigation Canal Lining[M]. Beijing: China Hydraulic Press, 1980.
- [11] 罗玉峰, 崔远来, 郑祖金. 河渠渗流量计算方法研究进展[J]. 水科学进展, 2005, 16(3): 444-449.
LUO Yufeng, CUI Yuanlai, ZHENG Zujin. Research progress on methods of quantifying seepage from Rivers and canals[J]. Advances in Water Science, 2005, 16(3): 444-449.
- [12] 雷声隆, 罗强, 张瑜芳, 等. 防渗渠道输水损失的估算[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(3): 7-10.
LEI Shenglong, LUO Qiang, ZHANG Yufang, et al. Estimating seepage loss of lined canal[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2003, 22(3): 7-10.
- [13] 灌溉与排水工程设计标准. GB 50288—2018[S].
Irrigation and Drainage Engineering Design Standards. GB 50288—2018[S].
- [14] 郭元裕. 农田水利学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.
GUO Yuanyu. Farmland Hydrology[M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 1997.
- [15] 赵瑞珏, 王修贵, 韩旭东, 等. 基于渗漏损失的渠系水利用系数分析[J]. 节水灌溉, 2019(6): 72-76.
ZHAO Ruijue, WANG Xiugui, HAN Xudong, et al. Canal water utilization coefficient analysis based on leakage loss[J]. Water Saving Irrigation, 2019(6): 72-76.

Study on Calculation Method of Water Utilization Coefficient of Canal System of Duplex Section

YAN Shuo¹, WANG Liquan^{1*}, LI Tienan², QIN Longfei³

(1.College of Water Conservancy and Electric Power, Heilongjiang University, Harbin 150080, China;

2.Heilongjiang Water Conservancy Research Institute, Harbin 150080, China;

3.Zhaoqing Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd, Zhaoqing 526000, China)

Abstract: **【Objective】** We aimed to study on a more accurate method for calculating the water use coefficient of canals in a compound section of an agricultural irrigation area. **【Method】** In this paper, the hydrodynamic factors in each section of the channel were determined by the dynamic water measurement method. Then, the revised Davis-Wilson formula and the Koscakov channel leakage empirical formula were used to obtain the water utilization coefficient of the multi-section canal system in the study area. Water loss in each channel and canal water loss of the canal system were compared and analyzed. **【Result】** The dynamic water measurement method is more suitable for the calculation of the hydraulic elements of the continuous flow section channel system. The standard trapezoidal section channel lining method has the least loss. The Koscakov channel leakage experience formula is used to obtain the canal water utilization coefficient of the irrigation area being 0.75. The Davis-Wilson formula finds that the canal water utilization coefficient of the irrigation area is 0.82, which is closer to the actual value of 0.86, and the accuracy is improved by 9.5%. **【Conclusion】** Due to the influence factors such as land occupation and excavation, the multi-section canal system is formed after the lining of the canal in the irrigation area. The channel lining of the irrigation area is preferably lining by trapezoidal section. For this type of canal system, the dynamic water measurement method is obviously superior to the typical channel measurement method. The Davis-Wilson formula is also more suitable for the determination of the canal water utilization coefficient of the complex section canal system.

Key words: hydrodynamic method; water utilization coefficient of canal system; Davis-wilson formula; Canal

责任编辑: 韩洋